



Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente  
Vol. 11, 2007. Impreso en la Argentina. ISSN 0329-5184

## EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO TÉRMICO Y PROPUESTAS DE MEJORAS PARA UNA ESCUELA EN HUALINCHAY, TUCUMÁN.

G. E. Gonzalo, G. I. Quiñones, C. V. Llabra, G. Márquez Vega.

Centro de Estudios Energía y Medio Ambiente - Instituto de Acondicionamiento Ambiental  
Facultad de Arquitectura y Urbanismo - Universidad Nacional de Tucumán  
Av. Roca 1900 - 4000 Tucumán – Argentina - Tel.+ .54.381.4364093 int. 7914  
Email: ceema@herrera.unt.edu.ar - ggonzalo@arnet.com.ar

**RESUMEN:** El presente trabajo muestra los estudios del comportamiento térmico del salón de usos múltiples (SUM) de la escuela albergue N° 358 “Coronel Pedro Zelaya” de la localidad rural y turística de Hualinchay en la provincia de Tucumán. Este trabajo tuvo como objetivo principal realizar un diagnóstico sobre las condiciones térmicas del SUM (salón de uso múltiple) de la escuela para, posteriormente, plantear las modificaciones necesarias para lograr el confort térmico en el interior del local, ya que las condiciones climáticas del lugar, principalmente en el invierno, son rigurosas y los recursos de la escuela son escasos. Los resultados obtenidos permitieron definir que las condiciones térmicas del salón no responden a los requerimientos mínimos establecidos por la normativa vigente, por lo que se plantearon soluciones alternativas de mejoras que fueron transferidas a fin de ser ejecutadas por el estado provincial y los directivos de la escuela.

**Palabras clave:** Edificio escolar, Comportamiento térmico, Arquitectura bioclimática, Energías Renovables.

### INTRODUCCIÓN

Desde el año 2006 se vienen realizando, en el marco del Proyecto PICTO 870 “*Tecnologías para el hábitat, el aprovechamiento energético y el desarrollo productivo en áreas rurales de Tucumán*”, ANPCyT, diversas tareas tendientes a recopilar y analizar información que permita determinar estrategias de acción vinculadas con la transferencia de propuestas que contribuyan, mediante desarrollos e innovaciones tecnológicas, con el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes y de la actividad productiva en áreas rurales de la Provincia de Tucumán.

Mediante la interrelación con organizaciones no gubernamentales y, fundamentalmente con el apoyo del gobierno comunal, se evalúan las necesidades del sector relacionadas con diferentes áreas como son: la salud, el transporte, la vivienda, la educación y el patrimonio, a través del análisis de los Centros de Atención Primaria de Salud (CAPS) de la zona, del sistema de transporte público de pasajeros, de las viviendas de menores recursos, las escuelas y edificios tradicionales.

Se plantea el desarrollo de esta investigación a partir del análisis de uno de los aspectos que hacen a la “Arquitectura Bioclimática” como es el uso de materiales adecuados en el diseño de la envolvente y el análisis del comportamiento térmico de la misma con el objetivo de lograr en los espacios interiores el confort necesario para desarrollar eficientemente las tareas educativas previstas, minimizando el uso de recursos no renovables, que en el lugar resultan escasos y poco económicos, y favoreciendo el uso de energías no convencionales, lo que contribuye con la sustentabilidad ambiental de la zona.

La provincia de Tucumán es la de menor superficie (22.542 km<sup>2</sup>), sin embargo, es la que presenta mayor variedad de paisajes y climas. Esto se debe a que en ella existen elementos naturales de distintas características: aproximadamente el 60% del territorio hacia el Este son llanuras con una altura de alrededor de 200 msm, mientras que hacia el Oeste, el 40% restante, lo constituye el cordón montañoso de la cordillera con cumbres inaccesibles y nieve todo el año. Hacia el sector noroeste de la provincia se encuentra el departamento Trancas que cuenta con dos poblaciones turísticas importantes como son las localidades de Trancas y San Pedro de Colalao. Dentro de la zona de influencia de San Pedro de Colalao a 18km al oeste de la villa veraniega, se ubica la localidad de Hualinchay, un pintoresco caserío rodeado de montañas y de un atractivo visual de importancia, ubicado a 1700 msm. Desde esta localidad nace una huella que une esta región con la localidad de Colalao del valle, centro turístico importante en los Valles Calchaquíes, muy próximo a la ciudad de Salta.



Figuras 1, 2 y 3: Ubicación geográfica de Hualinchay dentro del departamento Trancas y vistas del acceso.

La escuela N° 358 “Coronel Pedro Zelaya” se encuentra ubicada en esta localidad llamada Hualinchay. Es una escuela que funciona también como albergue de aproximadamente cien niños cuyas familias habitan en lugares precarios en esa zona de montaña. El albergue funciona de lunes a viernes y durante el fin de semana son muy pocos los que habitan la escuela.



Figuras 4, 5 y 6: Vistas exteriores de la escuela “Coronel Pedro Zelaya”.

### METODOLOGÍA DE TRABAJO

Para el desarrollo de este trabajo se realizaron las siguientes tareas:

- 1 - Análisis de las condicionantes climáticas del lugar de emplazamiento de la escuela y determinación de estrategias y pautas de diseño bioclimático.
- 2 - Relevamiento y diagnóstico de la envolvente del local en estudio.
- 3 - Elaboración de entrevistas a los usuarios.
- 4 - Propuestas de mejoras.
- 5 - Verificación de las propuestas.

#### 1 - Análisis de las condicionantes climáticas del lugar.

Se analizaron los valores de los elementos climáticos específicos como radiación solar, temperatura y humedad. Se utilizaron métodos gráficos como el diagrama psicrométrico y el diagrama de estrategias correspondiente a la localidad de análisis con el fin de determinar cuáles serían las estrategias generales y las pautas particulares de diseño que permitan fundamentar las propuestas planteadas para lograr el confort de los usuarios en este local.

Las estrategias más convenientes se definieron con el programa CEEMAESTBIO (G. Gonzalo, 2003), correspondiente a la altura sobre el nivel del mar de la localidad analizada, 1700 m s.n.m. El programa realiza la graficación de los segmentos correspondientes a los diferentes meses del año, mediante el ingreso de los valores de temperatura y humedad de la localidad de análisis.

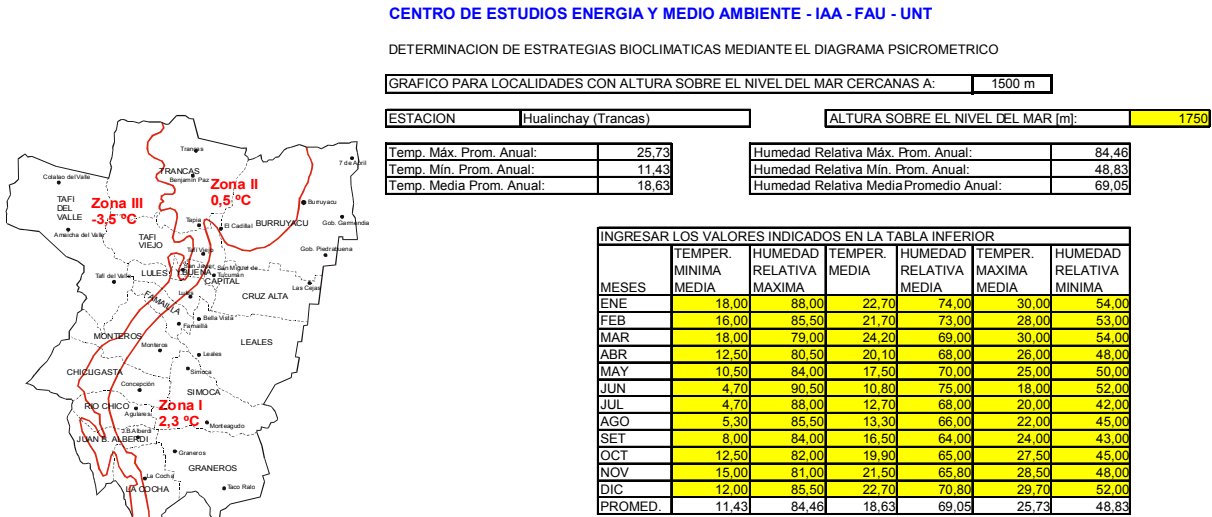
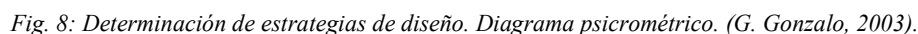


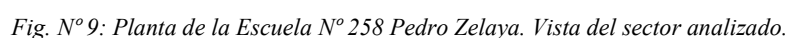
Fig. 7: Mapa de Tucumán con la subdivisión de las zonas bioclimáticas (Gonzalo, Nota, 2000).  
Tabla n° 1: Valores de temperatura y humedad de Hualinchay, Trancas. (G. Gonzalo, 2003).



- Para la situación de invierno, la calefacción solar pasiva con ganancia de radiación solar sobre el plano norte como mínimo de 2500 W/m<sup>2</sup> e inercia térmica.
- Para la situación de verano la estrategia fundamental es la ventilación natural.
- La necesidad de sombra es de un 26%.
- Las necesidades bioclimáticas durante el año para calefacción son de un 41%, para enfriamiento un 17% y la situación de confort es de un 41%.

*2 - Relevamiento y diagnóstico de la envolvente.*

Una vez establecidas las condicionantes climáticas y las estrategias recomendadas para el lugar, se realizó un relevamiento planimétrico y físico de la escuela, focalizando el análisis en el SUM, con el objetivo de determinar la adecuación del diseño actual al clima.



Del relevamiento físico se pudo observar que el sector de SUM es una obra realizada con posterioridad a la escuela original. Se lo ubicó en uno de los patios principales quedando rodeado de espacios abiertos, lo que determina grandes superficies expuestas al exterior que producen importantes pérdidas de calor en épocas frías. Los muros están contruidos con estructura de hormigón armado para columnas y vigas, ladrillo cerámico hueco de 0,18 m de espesor, con ambas caras revocadas, en el interior un revestimiento cerámico y al exterior pintados de blanco.

La cubierta está construida con chapas de zinc sobre estructura de filigrana y cielorraso suspendido de placas de yeso decoradas. También se observó la inexistencia de aislación térmica tanto en muros como en cubierta. Aparentemente quedaron aspectos constructivos importantes sin resolver, uno de ellos es la terminación de las aberturas, las que en algunos casos presentan solo marcos de madera con vidrios y en otros casos solo la celosía ubicada en forma invertida.



Figuras 10 y 11: Vistas de los frentes Este y Oeste del sector analizado (SUM).



Figuras 12 y 13: Vistas del interior del sector analizado (SUM).

# Transmitancia térmica:

Para realizar la verificación de la transmitancia térmica de la envolvente del local analizado se utilizó el programa CEEMAKMP (G. Gonzalo, 2003), el cual determina, mediante la introducción de los datos de la envolvente (localidad de análisis, características del cerramiento, coeficientes de conductividad, entre otros), la transmitancia térmica de cada cerramiento, para la condición de invierno y verano, para elementos homogéneos y heterogéneos y verifica el cumplimiento de los valores mínimos normados (IRAM, 1996).

CENTRO DE ESTUDIOS ENERGIA Y MEDIO AMBIENTE - IAA - FAU - UNT				
CALCULO Y VERIFICACION DEL K MEDIO PONDERADO				
PARAMENTO:		CUBIERTA DE CHAPA DE ZINC Y CIELORRASO DE YESO		
		INGRESE VALOR=0 EN SUPERF. SI NO CONSIDERA ALGUN ELEMENTO		
ELEMENTO	DENOMINACION	SUPERF. m2	K VER. W/m2K	K INV. W/m2K
PLANILLA 1	CUBIERTA DE CHAPA	130.00	2.05	2.45
PLANILLA 2		0.00	0.00	0.00
PLANILLA 3		0.00	0.00	0.00
PLANILLA 4		0.00	0.00	0.00
VENTANAS	VENTANAS CORREDIZAS COMUNES	0.00	5.82	5.82
PUERTAS	PUERTAS	0.00	3.00	3.00
OTROS	ESPECIFICAR	0.00	0.00	0.00
K MEDIO PONDERADO:			2.05	2.45
INVIERNO			VALOR	
VERIFICA K MINIMO (SI/NO)			1.00	NO
VERIFICA K RECOMENDADO (SI/NO)			0.73	NO
VERIFICA K ECOLOGICO (SI/NO)			0.28	NO
VERANO			VALOR	
VERIFICA K MINIMO (SI/NO)			0.76	NO
VERIFICA K RECOMENDADO (SI/NO)			0.48	NO
VERIFICA K ECOLOGICO (SI/NO)			0.19	NO
VERANO CONSIDERANDO COLOR (PONDERADO)			VALOR	
VERIFICA K MINIMO (SI/NO)			0.99	NO
VERIFICA K RECOMENDADO (SI/NO)			0.62	NO
VERIFICA K ECOLOGICO (SI/NO)			0.25	NO

Tabla n° 2: Ejemplo de planilla de cálculo de K medio ponderado para la cubierta analizada. (CEEMAKMP.xls)



Al analizar los valores obtenidos del cálculo se concluye que, en el caso de invierno, los muros Norte, Este y Oeste y la cubierta no verifican el coeficiente de transmisión térmica mínimo, ni el recomendado, ni el ecológico, mientras que, el muro Sur solo verifica el valor mínimo establecido por las normas, y no verifica ni el recomendado, ni el ecológico.

Para la situación de verano, los muros Norte, Sur y Este si verifican los valores mínimos de Norma, pero no los recomendados ni los ecológicos. El muro Oeste ni la cubierta verifican ninguno de los valores recomendados por la Norma. Se puede establecer así que prácticamente la totalidad de los cerramientos presentan un inadecuado comportamiento frente a la transmisión del calor.

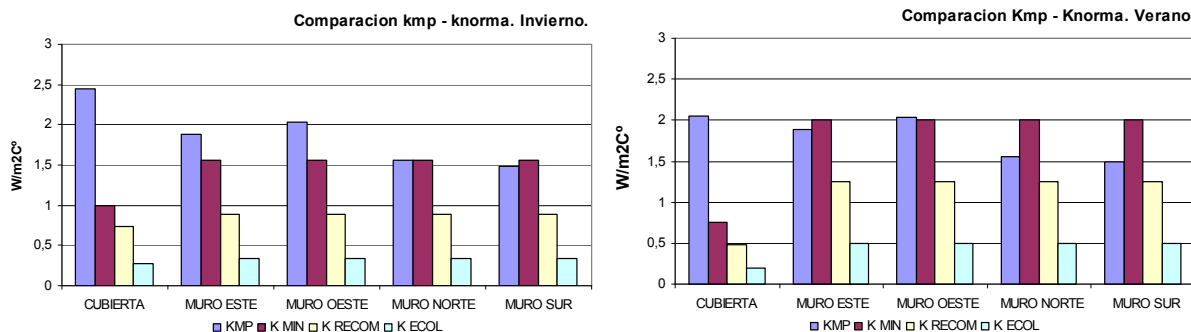


Fig. N° 14: Comparación de los valores de K medio ponderado de cada elemento con los valores de Normas Iram.

#### Balance Térmico:

Además se realizó un análisis del balance térmico de la envolvente con el programa CEEMAQT (G. Gonzalo, 2003). El programa permite obtener, a partir de la introducción de los datos de la envolvente: superficie, transmitancia térmica, coeficiente de absorción, retardo, amortiguamiento y factor de obstrucción de la radiación solar, los valores de cargas térmicas total y parcial de cada elemento de la envolvente, promedio diarias para todos los meses del año, tanto de las superficies opacas como de las transparentes. Para el cálculo no se tuvieron en cuenta las cargas internas generadas por los ocupantes y el equipamiento.

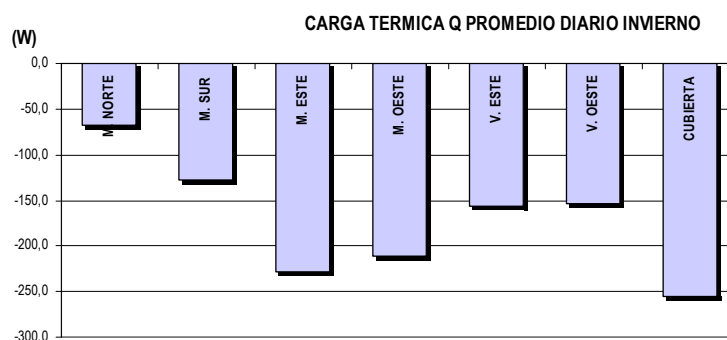


Fig. 15: Carga térmica Q promedio diario para invierno.

Del análisis de los datos del balance térmico realizado se puede observar que los mayores valores de pérdidas de calor para la condición de invierno, corresponden a la cubierta que no verifica los valores de transmisión térmica establecido por Normas IRAM, a pesar del aporte de calor producido por la incidencia de radiación solar. En verano, las ganancias de calor no son tan significativas, lo cual se debe básicamente a las condiciones térmicas del aire exterior.

Al analizar los muros se puede observar que, debido a la incidencia de la radiación solar y a la no verificación de los valores mínimos de K establecidos por IRAM, las mayores pérdidas térmicas para invierno corresponden al muro con orientación Este. Es por ello que sería conveniente el planteo de una correcta solución constructiva en dicha orientación.

Del análisis del comportamiento térmico de las superficies vidriadas se observa que la falta de terminaciones apropiadas en las ventanas y las protecciones solares determina importantes pérdidas de calor en invierno.

Del análisis de la carga térmica promedio diario total se puede observar que en invierno los mayores valores de pérdidas de calor corresponden a la cubierta, con un valor de 21,31%, por lo que se evidencia la necesidad, para la situación climática analizada, de un adecuado diseño de este elemento, el cual básicamente deberá ofrecer alta resistencia al paso de calor.

Los muros Este y Oeste son los que presentan los mayores porcentajes de pérdida de calor con un 19 y 17,5% respectivamente en relación al total. Los muros Sur y Norte presentan los menores porcentajes con un 10,65 y 5,6% respectivamente, con relación al total. Las ventanas Este y Oeste pierden un 13 y 12,8% respectivamente.

#### 3 – Elaboración de entrevistas.

Con el objetivo de verificar y profundizar la información obtenida anteriormente se entrevistó al personal que trabaja en la escuela: director, maestros y personal de servicio. También aportaron su opinión algunos de los alumnos que son albergados en la escuela.

Acerca de la sensación térmica que experimentan durante los meses de verano, la respuesta coincidente en todos los entrevistados, determina que la situación es bastante agradable excepto por algunos días de extremo calor. La mayoría de los locales resultan confortables, fundamentalmente los dormitorios de los varones, cuyas paredes no están expuestas al exterior por lo que están protegidas del sol. Los grandes espacios exteriores constituidos por patios y pasillos permiten que se produzcan corrientes de aire que contribuyen con el mejoramiento de las condiciones ambientales, durante el verano.

En general la escuela no cuenta con acondicionadores de aire, ventiladores y ningún otro tipo de artefacto para acondicionar artificialmente los locales.

En particular el local analizado, el SUM, resulta sumamente confortable durante el verano, lo que se debe a las grandes dimensiones con que cuenta y fundamentalmente a la ubicación enfrentada de las aberturas, que permiten grandes circulaciones de aire provenientes de los espacios exteriores que rodean al local en las cuatro orientaciones. Los aleros y la galería con que cuenta el local permiten minimizar las ganancias de calor debidas a la radiación solar, lo que contribuye con el confort en esta estación estival. Las protecciones solares de las aberturas, constituidas por celosías de madera, no resultan las adecuadas debido a que no todas las ventanas cuentan con ellas y las que poseen celosías no tienen marcos con vidrios. En el verano permanecen abiertas, permitiendo el ingreso de aire y luz, pero también de radiación solar.

Acerca de la sensación térmica que experimentan durante los meses de invierno, la respuesta también coincidente en todos los entrevistados, determina que la situación es de extremo frío. La mayoría de los locales no resultan confortables debido a que los aspectos analizados como favorables en el verano resultan sumamente desfavorables en el caso del invierno. Los locales cuyas paredes no están expuestas al exterior resultan poco soleados y muy fríos. Los grandes espacios exteriores constituidos por patios y pasillos permiten que se produzcan corrientes de aire que contribuyen con el enfriamiento de los locales durante el invierno. La escuela tampoco cuenta con artefactos para acondicionar artificialmente los locales en época de frío, excepto por algunas estufas de cuarzo en los dormitorios.

En particular el SUM, resulta sumamente inconfortable durante el invierno, lo que se debe a las grandes dimensiones con que cuenta y fundamentalmente a la ubicación enfrentada de las aberturas, que permiten grandes circulaciones de aire provenientes de los espacios exteriores que rodean al local en las cuatro orientaciones. La galería con que cuenta el local, orientada al Este, no permite las ganancias de calor por radiación solar, lo que no contribuye con el confort en esta época del año.

Las celosías de madera que tienen las ventanas sin vidrios se cierran, en este caso, en el invierno para evitar el ingreso del viento, no permitiendo tampoco el ingreso de luz ni de radiación solar que contribuya con la calefacción natural del local. Por el contrario las rendijas de ventilación de las celosías posibilitan corrientes de aire que impiden que el local pueda mantenerse calefaccionado. Las ventanas con marcos y vidrios permanecen cerradas pero no tienen protección que evite las pérdidas de calor, en horas de muy baja temperatura.

#### *4 – Propuestas de mejoras.*

A partir del diagnóstico realizado surge la necesidad de plantear modificaciones, principalmente en la cubierta y en el muro Este. Para ello se propone, luego de analizar distintas opciones, en función de prueba y error, que para la cubierta lo más conveniente es incorporar una aislación térmica de 0.10 m. de espesor de poliestireno expandido y para la situación del muro Este, se propone adosar al muro existente un aislante térmico de poliestireno expandido de 0.06 m más un tabique de ladrillo cerámico hueco de 0.08 m de espesor y revoque exterior.

Los sistemas constructivos quedan definidos de la siguiente manera:

Muros tri-capas, con estructura de hormigón armado para columnas y vigas, compuesto por: ladrillo cerámico hueco de 0,18 m de espesor, poliestireno expandido con un espesor de 0,06 m, y tabique de ladrillo cerámico hueco de 0,08 m de espesor. El conjunto de la pared se revocará y pintará de blanco en el exterior, mientras que en el interior se mantendrá el revestimiento cerámico existente.

Cubierta de chapas de zinc sobre estructura de filigrana, cámara de aire y cielorraso suspendido de placas de yeso decoradas sobre el que se ubica el aislante de polietileno expandido de 0,10 m de espesor.

Con las propuestas planteadas, los resultados del análisis de la transmitancia térmica aplicando la metodología utilizada anteriormente, se determina que tanto el muro Este como la cubierta verifiquen los valores mínimos y los recomendados establecidos por las Normas IRAM.

CENTRO DE ESTUDIOS ENERGIA Y MEDIO AMBIENTE - IAA - FAU - UNT

DESCRIPCION PARAMENTO		CUBIERTA DE CHAPA DE ZINC Y CIELORRASO DE YESO															
DENOMINACION		CUBIERTA DE CHAPA															
COEF.ABS. COLOR SUP. EXT.		0.5		VER PLANILLA COLOR													
		Introducir valores solamente en celdas resaltadas															
		VERIFICAR K (C/COLOR)															
Resistencia térmica:		m2C/W	3.34	3.38			K máx.c/color		SINO				C.T.T.	E.P.P.E.	Reforzo	Ahorro	
Transmitancia térmica K:		W/m2C	0.30	0.31			Verano	Invierno	Verano	Invierno			Ext. a int.:	16.35	0.170	4.39	0.23
		Mínimo	0.76	1.00			Mínimo		0.99	1.00	SI	SI	Ext. a ext.:	19.02	0.188	4.98	0.25
K MAX. NORMAS		Recom.	0.45	0.73			Recom.		0.62	0.73	SI	SI	Peso tot. (Kg/m2):		58.0		
		Ecológ.	0.19	0.28			Ecológ.		0.25	0.28	NO	NO	Peso unitario (Kg/m3):		260.9		
		Ver: CONDUCC.															
Capa	Especificación	Expos. (m)	Expos. W/m2C	R.Ca.ve m2C/W	R.Ca.in m2C/W	Peso Ext. (kg/m3)	Cap. Ter. J/KgC	R.T. ver m2C/W	R.T. inv m2C/W	Peso (Kg/m2)	R.ve/r2 m2C/W	C.T.T. ext. a int.	R.to. ext m2C/W	Cap. Ter. h	R.to. ext m2C/W	C.T.T. int. a ext.	
1	R se					800	1000	0.040	0.100			0.040					
2	CELORRASO YESO	0.0250	0.37					0.068	0.068	20.0	0.034	0.074	0.410	3.141	17.450		
3	CAMARA DE AIRE	5.7000		0.210	0.140			0.210	0.140	0.0	0.000	0.108	0.000	2.857	0.000		
4	POLESTIRENO	0.1000	0.035			20	1700	2.857	2.857	2.0	1.429	1.748	1.649	1.489	1.387		
5	CHAPA DE ZINC	0.0550	58.000			7200	450	0.000	0.000	36.0	0.000	3.175	14.285	0.040	0.000		
6								0.000	0.000	0.0	0.000	3.175	0.000	0.040	0.000		
7								0.000	0.000	0.0	0.000	3.175	0.000	0.040	0.000		
8								0.000	0.000	0.0	0.000	3.175	0.000	0.040	0.000		
9								0.000	0.000	0.0	0.000	3.175	0.000	0.040	0.000		
10								0.000	0.000	0.0	0.000	3.175	0.000	0.040	0.000		
11	R si	No introducir valor															
ESPESOR TOTAL		0.830	de conductividad				RES. TERM TOT	3.345	3.265	58.0							
		para cámara de aire															
		16.345															
		19.017															
OBSERVACIONES:																	
a																	
b																	

confortable en el lugar analizado no es demasiado complejo, bastaría con el cumplimiento de las pautas antes enunciadas, ya que las condiciones climáticas en verano no son extremas y en el local la temperatura del aire puede incrementarse rápidamente mediante el calor producido por sus ocupantes.

En el estudio ya transferido, se demuestra que con pequeños cambios que no representan una inversión importante, mucho menos si se hubieran realizado al momento de la construcción del edificio, se puede lograr un adecuado nivel de habitabilidad y cumplir con las reglamentaciones vigentes.

## **AGRADECIMIENTOS**

Los estudios se realizaron con el aporte parcial de fondos para la investigación por parte de la Secretaría de Ciencia y Técnica de la Universidad Nacional de Tucumán, dentro de los proyectos: 1- “Tecnologías para el hábitat, el aprovechamiento energético y el desarrollo productivo en áreas rurales de Tucumán”, Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (PICTO - ANPCyT), y 2- “Uso Racional y Nuevas Fuentes de Energía para edificios comerciales del sector terciario en Tucumán”, del Consejo de Investigaciones de la Universidad Nacional de Tucumán CIUNT 26/B206 (2001 - 2005).

## **REFERENCIAS**

- Normas IRAM 11601 (1996). Acondicionamiento térmico de edificios. Métodos de cálculo. Condiciones de habitabilidad en edificios.
- Normas IRAM 11625 (1991). Acondicionamiento térmico en edificios.
- Gonzalo G.E. (2003). Manual de Arquitectura Bioclimática, 2da. Edición, Librería Técnica CP67, Buenos Aires.
- Gonzalo G.E. (1998). Manual de Arquitectura Bioclimática, Editorial Arte-Color, Tucumán.
- Gonzalo G.E., Ledesma S.L., Nota V.M. et al. (2000). Habitabilidad en edificios. Propuestas de normas para Tucumán, Santamarina, Tucumán.
- Gonzalo G.E. (2001 a). Métodos y técnicas de la investigación científica: para una arquitectura bioclimática. Programa, Guía de Estudios. Biblioteca FAU-UNT. Inédito.

## **ABSTRACT**

Thermal evaluation and proposals of changes for a school in Hualinchay, Tucumán.

The present work shows the studies of the thermal behavior, in the multi-proposed school room of the shelter school N° 358 “Pedro Zelaya”, in Hualinchay, a rural and turistic locality in the Province of Tucumán. This work has as main objective to carry out a diagnose on the thermal conditions of the multiple use room of the school, in order to determining necessary changes, to achieve thermal internal confort, since the climatic conditions of the place are rigorous, principally in winter, and the school resources are limited.

The results showed that the thermal conditions of the room do not respond to the minimal requests established by the regulations in use, which is why alternative solutions of improvements that were transferred in order to be accomplished by the Government of the province and the persons in charge of the school.

**Keywords:** School building, Thermal performance, Bioclimatic Architecture, Renewable energies.